



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENTAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 196 53 555 A 1**

⑤① Int. Cl.⁶:
H 02 N 2/04
H 01 L 41/00
F 15 B 5/00
B 41 J 2/175

②① Aktenzeichen: 196 53 555.7
②② Anmeldetag: 20. 12. 96
④③ Offenlegungstag: 25. 6. 98

DE 196 53 555 A 1

⑦① Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦② Erfinder:
Fitzner, Johannes, 93170 Bernhardswald, DE;
Lewentz, Günter, 93055 Regensburg, DE; Rink,
Jürgen, 93138 Lappersdorf, DE; Kirchweger, Karl,
93057 Regensburg, DE

⑤⑥ **Entgegenhaltungen:**

GB 21 93 386
GB 20 87 659
WO 95 34 944

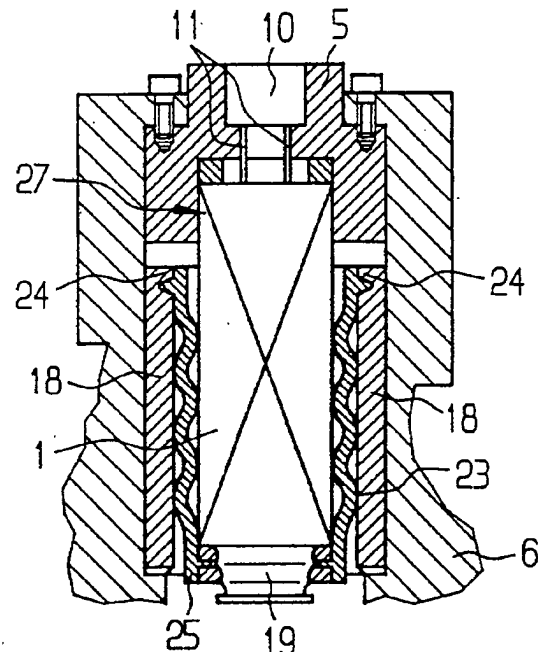
VOIGT, Konrad: Piezoaktuatorische Antriebe für
den
industriellen Einsatz In F&M 1996, No. 1-2,
Sept. 68-72;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Piezelektrischer Aktor**

⑤⑦ Der piezelektrische Aktor weist piezelektrische Elemente 1 auf, die mindestens teilweise von Haltemitteln umgeben sind, die ein seitliches Knicken der piezelektrischen Elemente 1 verhindern. Zudem ist ein Federelement vorgesehen, das die piezelektrischen Elemente 1 mindestens teilweise umfaßt. Vorzugsweise ist ein Halte- und Federmittel vorgesehen, das sowohl die piezelektrischen Elemente 1 vorspannt als auch eine seitliche Stabilisierung bietet.



DE 196 53 555 A 1

Die Erfindung betrifft einen piezoelektrischen Aktor gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 8.

Piezoelektrische Aktoren werden beispielsweise in einem Einspritzventil zum Steuern einer Einspritznadel und damit zum Steuern des Einspritzvorganges für eine Brennkraftmaschine verwendet.

Aus GB 2 087 659 A ist ein piezoelektrisches, hydraulisches Druckerzeugungssystem bekannt, bei dem ein piezoelektrischer Aktor zur Erzeugung eines Druckes eingesetzt wird. Der piezoelektrische Aktor ist von einem geschlossenen, gewellten Zylinder umgeben, der mit einer Arbeitsflüssigkeit gefüllt ist. Bei einer Längenausdehnung des piezoelektrischen Aktors wird die Arbeitsflüssigkeit verdrängt und die gewellten Seitenwände des Zylinders entsprechend gedehnt, so daß die Abschlußplatte des Zylinders vom piezoelektrischen Aktor wegbewegt wird.

Die Aufgabe der Erfindung beruht darin, die Langzeitstabilität des piezoelektrischen Aktors zu verbessern und eine geringe Bauform zu realisieren.

Die Aufgabe der Erfindung wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 und durch die Merkmale des Anspruchs 8 gelöst.

Besonders vorteilhaft für die Langzeitstabilität des piezoelektrischen Aktors ist das Vorsehen von Haltemitteln, die die piezoelektrischen Elemente gegen ein seitliches Knicken stabilisieren. Weiterhin ist es vorteilhaft, Mittel mit Federwirkung vorzusehen, die mindestens teilweise die piezoelektrischen Elemente umfassen und die piezoelektrischen Elemente gegen die Ausdehnungsrichtung vorspannen.

Vorteilhafte Ausführungen und Verbesserungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Erfindung wird anhand der Fig. näher erläutert; es zeigen:

Fig. 1 einen piezoelektrischen Aktor mit einer Stützhülse und einer Spiralfeder,

Fig. 2 einen piezoelektrischen Aktor mit einem Faltenbalg,

Fig. 3 einen piezoelektrischen Aktor mit einem elastischen Hohlprofil und

Fig. 4 ein Hohlprofil aus Ringscheiben.

Fig. 1 zeigt im Querschnitt einen piezoelektrischen Aktor 13, der beispielsweise zum Ansteuern eines Servoventils eines Einspritzventils oder direkt zum Ansteuern einer Einspritzventilnadel verwendet wird. Der piezoelektrische Aktor 13 weist piezoelektrische Elemente 1 auf, die im Hohlzylinder 14 einer Stützhülse 2 angeordnet sind. Vorzugsweise werden mehrere piezoelektrische Elemente 1 zu einem langen Piezo-Stapel verbunden, mit dem eine größere Längenausdehnung erzeugt werden kann, da die Längenausdehnung des Piezo-Stapels nahezu proportional zur Anzahl der piezoelektrischen Elemente 1 ist.

Die Stützhülse 2 ist in einem Gehäuse 6 eingebracht, dessen offene Seite ist mit einer Kopfplatte 5 abgedeckt ist, die über Schrauben 7 und über entsprechende Gewinde mit dem Gehäuse 6 verbunden ist.

Die Stützhülse 2 ist als einseitig offenes zylinderförmiges Hohlprofil ausgebildet, wobei die offene Seite der Kopfplatte 5 zugeordnet ist. An der abgeschlossenen Seite der Stützhülse 2 ist ein Druckkolben 9 auf der Außenseite der Stützhülse 2 angebracht, der mittig zur Abschlußfläche der Stützhülse 2 und in Längsrichtung der Stützhülse 2 ausgerichtet ist. Der Druckkolben 9 ist durch eine Durchführung 8 geführt, die in einer Gehäuseplatte 22 des Gehäuses 6 eingebracht ist. Der Durchmesser des zylinderförmigen Druckkolbens 9 ist kleiner als der Durchmesser der Stützhülse 2.

Auf diese Weise bildet die Abschlußfläche der Stützhülse 2 eine ringförmig umlaufende Anschlagfläche 21, die eine Längsbewegung der Stützhülse 2 in Richtung auf die Durchführung 8 auf einen vorgegebenen Wert begrenzt.

Die Stützhülse 2 weist im Bereich der Kopfplatte 5 einen umlaufenden Führungsring 15 auf, der auf der Außenseite der Stützhülse 2 aufgebracht ist. Der Führungsring 15 bewirkt mit dem Druckkolben 9 bei einer Bewegung der Stützhülse 2 in Längsrichtung eine mittige Führung der Stützhülse 2 im Gehäuse 6.

Im Gehäuse 6 ist eine spiralförmige Vorspannfeder 3 angeordnet, die die Stützhülse 2 umfaßt. Die Vorspannfeder 3 ist zwischen der Gehäuseplatte 22 und dem Führungsring 15 eingespannt, so daß das piezoelektrische Element 1 gegen eine Ausdehnung vorgespannt ist. Für eine genaue Festlegung der Federkraft der Vorspannfeder 3 ist zwischen dem Führungsring 15 und der Vorspannfeder 3 eine ringförmig umlaufende Distanzscheibe 4 eingebracht, über deren Dicke die Federkraft einstellbar ist.

Die Kopfplatte 5 weist mittig einen zylinderförmigen Führungsansatz 17 auf, der in den Hohlzylinder der Stützhülse 2 ragt. Die offene Seite der Stützhülse 2 ist gegenüber dem Führungsansatz 17 verschiebbar gelagert. Die Länge der piezoelektrischen Elemente 1 und die Höhe des Führungsansatzes 17 sind gegenüber der Länge der Stützhülse 2 so gewählt, daß die Stützhülse 2 von der Vorspannfeder 3 in Richtung auf die Kopfplatte 5 gedrückt wird, wobei jedoch die Stützhülse 2 nicht auf der Kopfplatte 5 aufliegt, sondern der Führungsring 15 einen vorgegebenen Abstand 23 zur Kopfplatte 5 aufweist. Auf diese Weise werden die piezoelektrischen Elemente 1 von der Stützhülse 2 und der Vorspannfeder 3 gegen die Kopfplatte 5 vorgespannt. Die Vorspannfeder 3 ist vorzugsweise als Spiralfeder ausgebildet.

In der Kopfplatte 5 sind Steuermittel 10 vorgesehen, die über Steuerleitungen 11 mit den piezoelektrischen Elementen 1 verbunden sind, und die durch eine entsprechende Ansteuerung eine Verlängerung oder eine Kontraktion der piezoelektrischen Elemente 1 erzeugen.

Die Funktion der Anordnung der Fig. 1 wird im folgenden näher erläutert: Die Stützhülse 2 und die piezoelektrischen Elemente 1 sind durch die Vorspannfeder 3 über die Stützhülse 2 gegen die Kopfplatte 5 vorgespannt. Steuert nun das Steuermittel 10 über die Steuerleitung 11 die piezoelektrischen Elemente 1 an, so dehnen sich die piezoelektrischen Elemente 1 gegen die Vorspannfeder 3 aus, so daß die Stützhülse 2 gegenüber dem Gehäuse 6 in Richtung auf die Durchführung 8 bewegt wird. Durch diese Bewegung wird der Druckkolben 9 weiter aus der Durchführung 8 herausgeschoben.

Unterbricht das Ansteuermittel 10 die Ansteuerung der piezoelektrischen Elemente 1, so ziehen sich die piezoelektrischen Elemente 1 zusammen und die Stützhülse 2 wird von der Vorspannfeder 3 in Richtung auf die Kopfplatte 5 verschoben, so daß die piezoelektrischen Elemente 1 von der Stützhülse 2 auf Vorspannung gegen die Kopfplatte 5 gehalten werden.

Die Stützhülse 2 ist vorzugsweise als zylinderförmiges Hohlprofil ausgebildet, das die piezoelektrischen Elemente 1 seitlich, wenigstens teilweise, eng umfaßt. Die piezoelektrischen Elemente 1 sind somit von der Stützhülse 2 vorzugsweise über die gesamte Länge und die gesamte Fläche umfaßt, so daß ein seitliches Ausbrechen der piezoelektrischen Elemente 1 verhindert wird. Vorzugsweise ist das Hohlprofil an die Form des piezoelektrischen Elementes 1 angepaßt, so daß das Hohlprofil nicht nur teilweise, sondern über die gesamte seitliche Fläche der piezoelektrischen Elemente 1 anliegt.

Die als Vorspannfeder 3 verwendete Spiralfeder weist

eine niedrige Federkonstante auf, so daß Verschleißerscheinungen die Federkraft nur unwesentlich beeinflussen. Durch die Einbringung der Stützhülse 2 in den freien Innenbereich der Spiralfeder 3 wird eine besonders kurze Bauform ermöglicht, so daß auch ein piezoelektrischer Aktor 13 mit einem Stapel von vielen piezoelektrischen Elementen 1 eine kurze Bauform aufweist.

Die Stützhülse 2 ist vorzugsweise im Bereich des Führungsringes 15 über Dichtmittel 18, wie z. B. Eisen oder Kupferscheiben, seitlich gegen das Gehäuse 6 abgedichtet, so daß die piezoelektrischen Elemente 1 hermetisch abgedichtet sind. Als Dichtmittel 18 kann beispielsweise auch ein elastischer Dichttring aus Kunststoff verwendet werden. Bevorzugte Materialien für die Stützhülse 2 sind Stahl oder Kunststoff.

Fig. 2 zeigt eine weitere bevorzugte Ausführungsform, bei der mehrere piezoelektrische Elemente 1 in Form eines Piezo-Stapels ausgebildet sind, der in eine Ausnehmung 27 der Druckplatte 5 ragt. Der Piezo-Stapel 1 ist von einem zylinderförmigen Faltenbalg 23 über einen großen Teil seiner Länge umgeben. Vorzugsweise liegt der Faltenbalg 23 über die gesamte Länge des Piezo-Stapels 1 am Piezo-Stapel 1 an.

Der Faltenbalg 23 wiederum ist von einer zylinderförmigen Distanzhülse 18 umgeben, die in einer zylinderförmigen Ausnehmung des Gehäuses 6 angeordnet ist. Die Distanzhülse 18 ist fest zwischen dem Gehäuse 6 und der Kopfplatte 5 fixiert, die das Gehäuse 6 abschließt. Der Piezo-Stapel 1 weist auf dem der Kopfplatte 5 gegenüberliegenden Ende einen Druckstempel 19 auf, der mit dem zugeordneten Ende 25 des Faltenbalges 23 fest verbunden ist. Vorzugsweise ist der Faltenbalg 23 umlaufend dicht mit dem Druckkolben 19 verbunden, der zylinderförmig ausgebildet ist.

Weiterhin ist der Randbereich 24 des Faltenbalges 23, der der Kopfplatte 5 zugeordnet ist, mit der Distanzhülse 18 verbunden. In einer Weiterbildung der Erfindung ist der Faltenbalg 23 im Randbereich 24 direkt mit der Kopfplatte 5 verbunden. Vorzugsweise sind die Verbindungen zwischen dem Randbereich 24 und der Distanzhülse 18 oder der Kopfplatte 5 umlaufend dicht ausgeführt.

Die Funktionsweise der Fig. 2 wird im folgenden näher erläutert. In der Ruheposition sind die piezoelektrischen Elemente 1 durch den vorgespannten Faltenbalg 23 gegen die Kopfplatte 5 vorgespannt. Bei einer Ansteuerung der piezoelektrischen Elemente 1 über das Steuermittel 10 dehnen sich die piezoelektrischen Elemente 1 in Längsrichtung aus und bewegen den Druckstempel 19 gegen die Federwirkung des Faltenbalges 23 von der Kopfplatte 5 weg.

Der Faltenbalg 23 ist vorzugsweise zylinderförmig und mit einer mindestens teilweise gewellten Zylinderwand ausgebildet. Bevorzugte Materialien zur Herstellung des Faltenbalges sind beispielsweise Stahl und/oder Kunststoffe mit entsprechender Federkraft und Dichtigkeit.

Durch die Verwendung des Faltenbalges, der die piezoelektrischen Elemente 1 umfaßt und der von der Distanzhülse 18 umgeben ist, werden die piezoelektrischen Elemente 1 gegen eine Ausdehnung vorgespannt und seitlich geführt, so daß ein Knicken der piezoelektrischen Elemente verhindert wird und eine sehr kompakte und kurze Bauform erreicht wird. Zur Einstellung der Vorspannungskraft ist zwischen dem piezoelektrischen Elementen 1 und der Kopfplatte 5 eine Einstellscheibe 4 vorgesehen.

Durch den Faltenbalg 23 wird eine seitlich gefederte Lagerung der piezoelektrischen Elemente 1 erreicht, die die piezoelektrischen Elemente 1 besonders reibungsarm lagert. Ein metallischer Faltenbalg weist zudem eine geringe Ermüdung in der Federwirkung auf, da dessen Federkraft gering ist. Dadurch wird ein besserer Ausgleich in bezug auf Tole-

ranzen und Verschleißerscheinungen erreicht.

In einer Weiterbildung der Erfindung ist das Gehäuse 6 entsprechend der Form der Distanzhülse 18 ausgebildet, so daß die Distanzhülse 18 entfällt und der Faltenbalg 18 und die piezoelektrischen Elemente 1 direkt vom Gehäuse 6 seitlich geführt und gestützt werden.

Fig. 3 zeigt eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung, bei der die Stützfunktion der Stützhülse 2 und die Federwirkung der Vorspannfeder 3 durch ein teilweise längs- und/oder quergeschlitztes Hohlprofil 20 erreicht wird. Das Hohlprofil 20 hat vorzugsweise die Form eines Hohlzylinders, dessen Zylinderwand vorzugsweise eine spiralförmige Ausnehmung 31 aufweist, so daß das Hohlprofil 20 ausreichend stabil für eine Seitenführung des piezoelektrischen Elementes 1 ist und zudem in Längsrichtung eine ausreichende Federkraft zur Vorspannung des piezoelektrischen Elementes 1 aufweist. Ein bevorzugtes Material für das Hohlprofil ist zum Beispiel Stahl oder Kunststoff.

Der Piezo-Stapel, der mehrere piezoelektrische Elemente 1 aufweist, ist von dem zylinderförmigen, einseitig offenen Hohlprofil 20 umfaßt und gegen einen Anschlag 32 der Kopfplatte 5 vorgespannt. Das Hohlprofil 20 weist an dem offenen Ende einen ringförmig umlaufenden Flansch 30 auf, der in eine entsprechende Ausnehmung 34 des Gehäusekörpers 6 eingebracht ist. Das Gehäuse 6 ist über eine Schraubverbindung fest mit der Kopfplatte 5 verbunden. Zur Ansteuerung der piezoelektrischen Elemente 1 sind entsprechende Steuermittel 10 in der Kopfplatte 5 vorgesehen. Die piezoelektrischen Elemente 1 ragen am offenen Ende aus dem Hohlprofil 20 heraus und werden im Bereich der Steuermittel 10 von einer Aufnahmeausnehmung 35 aufgenommen, die in der Kopfplatte 5 eingebracht ist.

Auf der abgeschlossenen Seite des Hohlprofils 20 ist ein Druckkolben 9 fest mit dem Hohlprofil 20 verbunden. Der Druckkolben 9 ist mittig zur Abschlußfläche 33 des Hohlprofils 20 angeordnet und erstreckt sich parallel zur Längsrichtung des Hohlprofils 20. Das Gehäuse 6 weist im Bereich des Druckkolbens 9 eine Durchführungsöffnung 8 auf, durch die der Druckkolben 9 ragt.

Die Funktionsweise des Hohlprofils 20 beruht darin, daß das Hohlprofil 20 die piezoelektrischen Elemente 1 gegen den Anschlag 32 vorspannt. Bei einer Ansteuerung der Steuermittel 10 dehnen sich die piezoelektrischen Elemente 1 in Richtung der Durchführungsöffnung 8 aus, so daß das Hohlprofil 20 gedehnt wird und der Druckkolben 9 eine entsprechende Strecke durch die Durchführung 8 geschoben wird. Beim Abschalten der Steuermittel 10 werden die piezoelektrischen Elemente 1 von der Federkraft des Hohlprofils 20 wieder zusammengedrückt, so daß der Druckkolben 9 wieder ein Stück zurück in das Gehäuse 6 verschoben wird.

Fig. 3b zeigt die spiralförmige Ausnehmung 31 des Hohlprofils 20. Zudem ist der umlaufende Flansch 30 deutlich erkennbar. Im oberen Bereich ragen aus dem einseitig offenen Hohlprofil 20 die piezoelektrischen Elemente 1 heraus, die wie in Fig. 3a dargestellt von der Ausnehmung 35 aufgenommen werden. Das Hohlprofil 20 ist als Hohlzylinder ausgebildet, der einseitig abgeschlossen ist.

Fig. 3c zeigt eine Ansicht des Hohlprofils 20 von der offenen Seite her, bei der der Flansch 30 und die im Querschnitt quadratförmig ausgebildeten piezoelektrischen Elemente 1 sichtbar sind.

Die Seitenwand des Hohlprofils 20 kann zur Erreichung einer in Längsrichtung wirkenden Federelastizität unterschiedliche Ausnehmungen wie zum Beispiel Schlitzte aufweisen.

Eine besondere Ausführungsform des Hohlprofils besteht darin, ein mehrfach geschichtetes Hohlprofil 41 zu verwenden, das aus aufeinander gestapelten Ringscheiben 42,43

aufgebaut ist, die abwechselnd aus elastischem Material **42** und festen Material **43** aufgebaut sind, wie in Fig. 4 dargestellt ist. Die Ringscheiben sind miteinander beispielsweise über eine Klebeschicht verbunden.

Als elastisches Material wird vorzugsweise Gummi oder Kunststoff und als festes Material Stahl oder Eisen verwendet. Durch die Verwendung unterschiedlicher Materialeigenschaften für die aufeinander folgenden Ringscheiben **42,43** wird ein Hohlprofil erzeugt, das seitlich eine Stabilisierung für das piezoelektrische Element **1** und in Längsrichtung eine Federwirkung zur Vorspannung des piezoelektrischen Elementes **1** aufweist.

Patentansprüche

1. Piezoelektrischer Aktor (**13**) mit einem Gehäuse (**6**), in das mindestens ein piezoelektrisches Element (**1**) eingebracht ist, mit einer Steuereinheit (**10**), mit der das piezoelektrische Element (**1**) ansteuerbar ist, **dadurch gekennzeichnet**,
 - daß Haltemittel (**2, 23, 18**) vorgesehen sind, die das piezoelektrische Element (**1**) seitlich stabilisieren, und
 - daß Mittel (**2, 23**) mit Federwirkung angeordnet sind, die das piezoelektrische Element (**1**) gegen seine Ausdehnungsrichtung vorspannen, und
 - daß die Federkraft der Mittel (**2, 23**) derart gewählt ist, daß bei einer Ansteuerung des piezoelektrischen Elementes (**1**) sich das piezoelektrische Element (**1**) gegen die Federkraft ausdehnt.
2. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Mittel mit Federwirkung ein Faltenbalg (**23**) vorgesehen ist.
3. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Mittel mit Federwirkung ein Faltenbalg (**23**) vorgesehen ist, daß der Faltenbalg (**23**) mindestens teilweise zwischen dem piezoelektrischen Element (**1**) und dem Haltemittel (**18,6**) angeordnet ist.
4. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das piezoelektrische Element (**1**) an einer Kopfplatte (**5**) anliegt, die fest mit dem Gehäuse (**6**) verbunden ist, daß als Mittel mit Federwirkung ein Faltenbalg (**23**) vorgesehen ist, daß der Faltenbalg (**23**) mit einem Ende (**25**) am unteren Ende des piezoelektrischen Elementes (**1**) befestigt ist, daß der Faltenbalg (**23**) mit dem anderen Ende (**24**) mit dem Gehäuse (**6**) verbunden ist, so daß der Faltenbalg (**23**) das piezoelektrische Element (**1**) gegen die Kopfplatte (**5**) vorspannt.
5. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel (**3**) mit Federwirkung und die Haltemittel (**2**) mindestens teilweise ineinandergreifen.
6. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel mit Federwirkung als Spiralfeder (**3**) ausgebildet sind, daß die Haltemittel als Stützhülse (**2**) ausgebildet sind, daß die Spiralfeder (**3**) die Stützhülse (**2**) mindestens teilweise umfaßt.
7. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das piezoelektrische Element (**1**) an einer Kopfplatte (**5**) anliegt, die fest mit dem Gehäuse (**6**) verbunden ist, daß die Mittel mit Federwirkung als Spiralfeder (**3**) ausgebildet sind, daß die Haltemittel als einseitig offene Stützhülse (**2**) ausgebildet sind, daß das piezoelektrische Element (**1**) mindestens teilweise in der Stützhülse angeordnet ist, daß die Spiralfeder (**3**) die Stützhülse (**2**) mindestens teilweise umfaßt, daß die Stützhülse (**2**) im Bereich der offenen

Seite einen umlaufenden Führungsring (**15**) aufweist, daß die Spiralfeder (**3**) zwischen dem Gehäuse (**6**) und dem Führungsring (**15**) derart angeordnet ist, daß das piezoelektrische Element (**1**) gegen die Kopfplatte (**5**) vorgespannt ist.

8. Piezoelektrischer Aktor (**13**) mit einem Gehäuse (**6**), in das mindestens ein piezoelektrisches Element (**1**) eingebracht ist, mit einer Steuereinheit (**10**), mit der das piezoelektrische Element (**1**) ansteuerbar ist, dadurch gekennzeichnet,

- daß ein Halte- und Federmittel (**20**) vorgesehen ist, das das piezoelektrische Element (**1**) seitlich stabilisiert und das piezoelektrische Element (**1**) gegen seine Ausdehnungsrichtung vorspannt, und
- daß die Federkraft des Halte- und Federmittels (**20**) derart gewählt ist, daß bei einer Ansteuerung des piezoelektrischen Elementes (**1**) sich das piezoelektrische Element (**1**) gegen die Federkraft ausdehnt.

9. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Halte- und Federmittel (**20**) als Hohlprofil ausgebildet ist, dessen Seitenwand mindestens eine Ausnehmung (**31**) aufweist, die eine Federwirkung des Halte- und Federmittels (**20**) erzeugen.

10. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Halte- und Federmittel (**41**) als Hohlprofil ausgebildet ist, das mindestens zwei Scheiben (**42, 43**) aufweist, und daß mindestens eine erste Scheibe aus einem elastischen Material und mindestens eine zweite Scheibe aus einem festen Material angeordnet ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

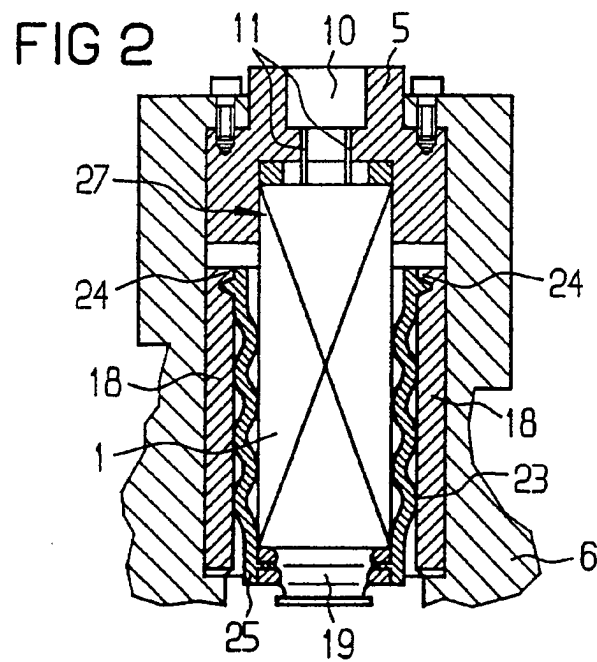
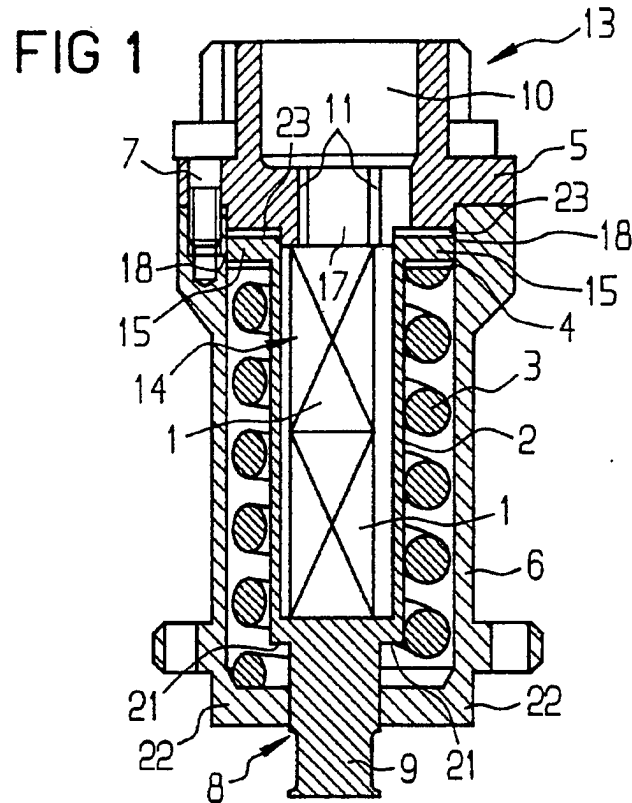


FIG 3a

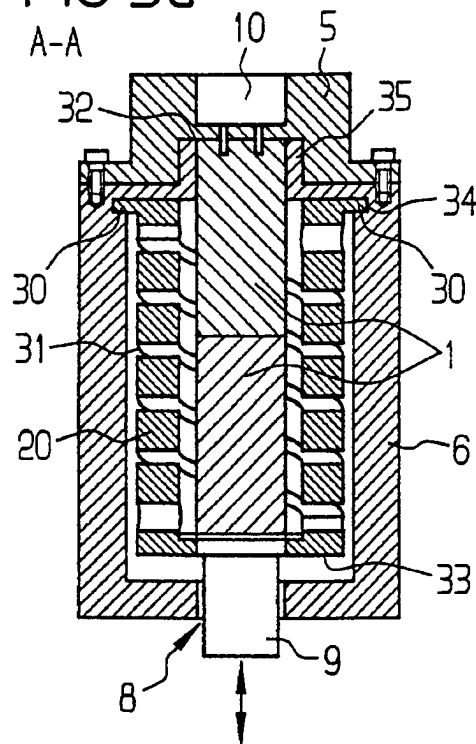


FIG 3b

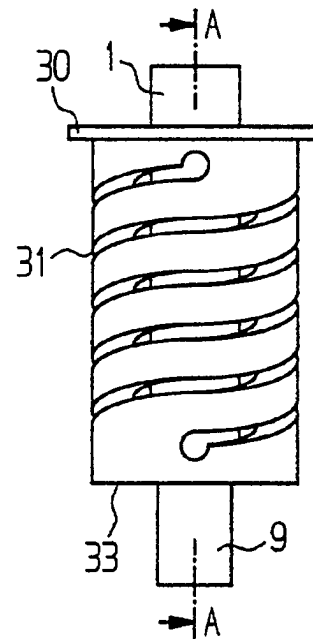


FIG 3c

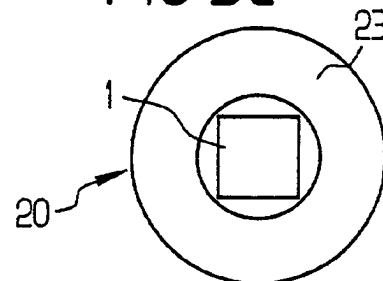


FIG 4

